

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representation of
The original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

●**ARAKI/** M13 P53 98-115029/11 JP10001767 A

Particulate matter formation method e.g. for titanium aluminium alloy used in component of jet engine - involves solidifying composite titanium and aluminium material formed by laser beam radiation which is dispersed by inner gas treatment and deposited over base part

ARAKI T; (NISHI) NISHIDA M 96.06.12 96JP-150522
(JP10001767 A 98.01.06 * (9811) 10p C23C-004/08 JP2830912 B2
98.12.02 (9902) 9p C23C-004/08 Previous Publ. JP10001767)

96JP-150522

ABSTRACT :

JP10001767 A The method involves radiating laser (2) from a laser source towards an irradiation part (8). Ti and Al wires (5,6) are continuously supplied in such a way that the Al wire is arranged in the irradiation part, contrary to the laser beam. The Al wire is thus irradiated through the Ti wire. Both the wires are fused by the laser beam. The wires in the fused form is then treated by an inert gas (G) such that the combined Ti and Al material is dispersed. The dispersed composite Ti and Al material is deposited over the base (13), is then solidified to form a sprayed coating of the particulate member.

ADVANTAGE - Reduces power consumption. Shortens time required for titanium-aluminium alloy formation, remarkably. Improves efficiency and saves labour. (Dwg.2/9)

M13 P53

Other Fields :

CPI secondary C98-038206

Non CPI secondary N98-092011

NUM 2 patent(s) 1 country(s)

Family JP10001767 A 98.01.06 * (9811) 10p C23C-004/08 JP2830912 B2 98.12.02 (9902) 9p C23C-004/08 Previous Publ. JP10001767

IC1 C23C-004/08

IC2 B22F-001/00 C23C-004/12

ICA B22F-009/02

Image File Name WPI2GR91.GIF

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-1767

(43)公開日 平成10年(1998)1月6日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 3 C	4/08		C 2 3 C 4/08	
B 2 2 F	1/00		B 2 2 F 1/00	E
C 2 3 C	4/12		C 2 3 C 4/12	
// B 2 2 F	9/02		B 2 2 F 9/02	Z

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平8-150522

(22)出願日 平成8年(1996)6月12日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成8年3月21日
 発行の「第4回溶射総合討論会講演概要」に発表

(71)出願人 596084671

荒木 孝雄

愛媛県松山市祝谷5丁目7-23

(71)出願人 596084682

西田 稔

愛媛県松山市平井町2652

(72)発明者 荒木 孝雄

愛媛県松山市祝谷5丁目7-23

(72)発明者 西田 稔

愛媛県松山市平井町2652

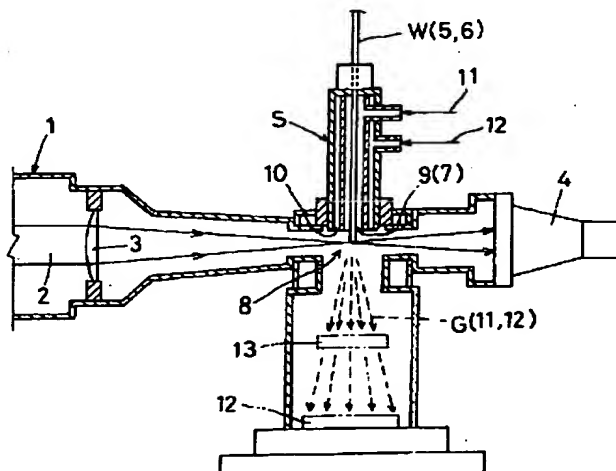
(74)代理人 弁理士 北村 修

(54)【発明の名称】 チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体形成方法及び溶射皮膜形成方法

(57)【要約】

【課題】 チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体あるいは溶射皮膜を、連続的かつ効率的に形成する方法を提供する。

【解決手段】 レーザ照射部8に対し、Al材料がTi材料よりも先にレーザビーム2を照射されるよう、Ti材料の少なくともレーザ照射側にAl材料が位置する状態で、Ti材料とAl材料とを連続的に供給して、Ti材料とAl材料とをレーザビーム2で溶融させながら接触させ、Ti材料とAl材料とが接触した位置に不活性ガスGを噴射して、Ti材料とAl材料とを化合させながら飛散させ、飛散するTi材料とAl材料とで形成された金属間化合物を固化させ、あるいは、対象基材13上に溶射してTi-Al金属間化合物の粉体あるいは溶射皮膜を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 チタンとアルミニウムとの金属間化合物による粉体を形成する方法であって、

レーザ照射部に対し、アルミニウム材料がチタン材料よりも先にレーザビームを照射されるよう、チタン材料の少なくともレーザ照射側にアルミニウム材料が位置する状態で、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを連続的に供給して、

前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを前記レーザビームで溶融させながら接触させ、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とが接触した位置に不活性ガスを噴射して、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを化合させながら飛散させ、

飛散する前記チタン材料と前記アルミニウム材料とで形成された金属間化合物を固化させるチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体形成方法。

【請求項2】 前記チタン材料がチタンワイヤであり、前記アルミニウム材料がアルミニウムワイヤである請求項1に記載のチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体形成方法。

【請求項3】 チタンとアルミニウムとの金属間化合物による皮膜を形成する方法であって、

レーザ照射部に対し、アルミニウム材料がチタン材料よりも先にレーザビームを照射されるよう、チタン材料の少なくともレーザ照射側にアルミニウム材料が位置する状態で、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを連続的に供給して、

前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを前記レーザビームで溶融させながら接触させ、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とが接触した位置に不活性ガスを噴射して、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを化合させながら飛散させ、

飛散する前記チタン材料と前記アルミニウム材料とで形成された金属間化合物を対象基材上に溶射するチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜形成方法。

【請求項4】 前記チタン材料と前記アルミニウム材料とが、夫々チタンワイヤとアルミニウムワイヤである請求項3に記載のチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜形成方法。

【請求項5】 前記不活性ガスが窒素ガスである請求項3又は4に記載のチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体形成方法及び溶射皮膜形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 チタン-アルミニウム金属間化合物は、高温で高い比強度を持ち、800℃においてもその強度

は350MPaであり、耐酸化特性にも優れている。このため、チタン-アルミニウム金属間化合物は、その軽量耐熱材料としての特長を生かし、ジェットエンジン等の部品を作製するための材料として期待されている。しかし、チタン-アルミニウム金属間化合物は、室温では引張変形が困難であり、被加工性に乏しい。従来より、チタン-アルミニウム金属間化合物を利用すべく、基材金属の表面に当該金属間化合物を溶射する方法が考えられている。このように、金属表面に溶射皮膜を形成すれば、チタン-アルミニウム金属間化合物の脆い性質を基材金属で補うことが可能となり、かつ、金属表面にはチタン-アルミニウム金属間化合物の特性を備えた高機能材料を得ることができる。従来においては、チタン-アルミニウム金属間化合物の粉末を減圧下でプラズマ溶射し、溶射被覆を作製しているものがあつた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記従来のチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜形成方法では、粉末燃焼合成法あるいは真空溶解法によって、予めチタン-アルミニウム金属間化合物を作製し、さらにこれを粉碎して得たチタン-アルミニウム金属間化合物の粉末をプラズマ溶射していたから、溶射皮膜を作製するために多くの手間と費用とを必要としていた。

【0004】 本発明の目的は、このような従来技術の欠点を解消し、チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体あるいは溶射皮膜を、連続的かつ効率的に形成する方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成するための本発明の特徴手段を、図2および図3に示した例を参考に説明する。

【0006】 (構成1) 本発明に係るチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体形成方法は、請求項1に記載したごとく、レーザ照射部8に対し、アルミニウム材料がチタン材料よりも先にレーザビーム2を照射されるよう、チタン材料の少なくともレーザ照射側にアルミニウム材料が位置する状態で、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを連続的に供給して、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを前記レーザビーム2で溶融させながら接触させ、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とが接触した位置に不活性ガスGを噴射して、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを化合させながら飛散させ、飛散する前記チタン材料と前記アルミニウム材料とで形成された金属間化合物を固化させることを特徴とする。

(作用・効果) チタンとアルミニウムとの燃焼合成は、少なくとも一方の金属が溶融し、他方の金属の内部に拡散することで生じると考えられる。本発明の方法によれば、融点の低いアルミニウムが先にレーザ照射されるようレーザ照射部に送給され、一旦このアルミニウムが溶

融すれば燃焼合成が発生可能となる。よって、本発明の方法によれば、より少ないエネルギー消費でチタンとアルミニウムとの燃焼合成を発生させることができる。また、燃焼合成は大きな反応熱の発生を伴い、この反応熱は、レーザー照射によるエネルギーに付加されるから、アルミニウムの溶融およびチタンとアルミニウムとの燃焼合成がより促進され、チタン-アルミニウム金属間化合物が極めて短時間のうちに形成される。このように、本発明の方法によれば、レーザービームが有するエネルギーを最大限に利用して燃焼合成を発生させることができ、チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体を効率的に形成することができる。さらに、本発明の方法は、レーザー照射部に対してチタンおよびアルミニウムを連続的に供給し、溶融した双方の金属を順次飛散させながら燃焼合成させ、飛散中に凝固を完了させることができる。よって、チタン-アルミニウム金属間化合物の粉末を連続的に得ることを可能にするだけでなく、従来の方式のように、前記金属間化合物を得た後、粉碎する手を省略することができる。

【0007】(構成2)本発明に係るチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体形成方法においては、請求項2に記載したごとく、前記チタン材料をチタンワイヤ5とし、前記アルミニウム材料をアルミニウムワイヤ6とすることができる。

(作用・効果)従来の燃焼合成では、チタンとアルミニウムとが反応し易いようにするため、予め粉体化して混合しておく必要があり、しかも、例えばバッチ方式で燃焼合成させていたからチタン-アルミニウム金属間化合物の形成効率が悪かった。本発明のごとく、供給するチタンおよびアルミニウムを単なるワイヤで構成することで、このような前工程を不用にできるばかりでなく、レーザー照射部への連続供給も可能である。さらに、使用する材料の純度についても、ワイヤ材料の方が粉体材料よりも高純度のものを容易に得ることができ、その結果、より純度の高いチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体を得ることができる。

【0008】(構成3)本発明に係るチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜形成方法は、請求項3に記載したごとく、レーザー照射部8に対し、アルミニウム材料がチタン材料よりも先にレーザービーム2を照射されるよう、チタン材料の少なくともレーザー照射側にアルミニウム材料が位置する状態で、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを連続的に供給して、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを前記レーザービーム2で溶融させながら接触させ、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とが接触した位置に不活性ガスGを噴射して、前記チタン材料と前記アルミニウム材料とを化合させながら飛散させ、飛散する前記チタン材料と前記アルミニウム材料とで形成された金属間化合物を対象基材13上に溶射することを特長とする。

(作用・効果)本発明の方法によれば、上記構成1と同様の作用・効果を発揮することができるから、従来の溶射皮膜形成方法のように、一旦、チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体を形成した後、改めて溶射を行うという手を省くことができる。つまり、チタンとアルミニウムの材料供給から、双方の材料の燃焼合成を経て、溶射皮膜の形成に至る工程を連続して行うことができるから、チタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜を極めて効率的かつ連続的に得ることができる。

10 【0009】(構成4)本発明に係るチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜形成方法においては、請求項4に記載したごとく、前記チタン材料をチタンワイヤ5とし、前記アルミニウム材料をアルミニウムワイヤ6とすることができる。

(作用・効果)本方法によれば、上記構成2と同様の作用・効果を得ることができ、より純度の高いチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜を形成することができる。

20 【0010】(構成5)本発明に係るチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜形成方法においては、請求項5に記載したごとく前記不活性ガスGを窒素ガスとすることができる。

(作用・効果)通常、チタンは、窒素ガスと大きい発熱を伴いながら燃焼反応する金属であるが、本発明の方法においては、チタンとアルミニウムとの反応がチタンと窒素ガスとの反応より先行して生じるため、窒素ガスはチタン-アルミニウム金属間化合物を生成する上で特に影響を及ぼすものではない。ただし、チタン-アルミニウム金属間化合物の内部には、微量の窒素原子が固溶することとなり、この窒素原子は、形成された溶射皮膜の硬さ・強度を向上させる効果を有する。また、窒素ガスは安価な不活性ガスであるから、チタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜を連続的に得る場合でも、その製造コストを低減化させることができる。

【0011】尚、上記課題を解決するための手段の説明中、図面を参照し、図面との対照を便利にするために符号を記すが、当該記入により本発明が添付図面の構成に限定されるものではない。

【0012】

40 【発明の実施の形態】以下に本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

【0013】(概要)本発明は、燃焼合成によって形成可能であり、高温で高い比強度を持ち、耐酸化特性にも優れたチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体あるいは溶射皮膜を、連続的かつ効率的に形成するための方法に関するものである。図1にはチタン-アルミニウム二元系状態図を示す。本発明では、前記チタン-アルミニウム金属間化合物の中でも、特に、高温で幅広い組成を有しており、軽量耐熱材料として利用されるTiAlを得るのが目的である。本発明のチタン-アルミニウム金属

間化合物の粉体形成方法及び溶射皮膜形成方法においては、レーザビームの照射位置に対して、チタンワイヤおよびアルミニウムワイヤからなる複合ワイヤを連続的に供給し、双方のワイヤを溶融させつつ、別途設けた噴霧装置を用いてこの溶融したチタンおよびアルミニウムを噴霧化し、主に、前記双方のワイヤが飛散している最中に燃焼合成させることにより前記 TiAl を生成するものである。そして、前記 TiAl が飛散している最中に固化したものを回収することにより、前記 TiAl の粉体を得ることができ、一方、燃焼合成された前記 TiAl を、固化する前に任意の対象基材の表面に溶射することにより前記 TiAl の溶射皮膜を得ることができる。

【0014】（使用設備・材料）本発明に用いる金属間化合物形成装置Sの概要を図2に示す。熱源としては、出力1.4kWの熱流型シングルモードタイプのCO₂レーザ発振器1を用いる。この発振器1から発振される20mm径のレーザビーム2を焦点距離125mmのZnSeレンズ3を用いて直径0.2mmに集光し、溶融する複合ワイヤWに対して、その供給方向とは直角な方向の一方側から照射する。前記複合ワイヤWの供給位置を挟んで前記レーザ発振器1と反対側には、レーザビームを受け止めるためのダンパー4を設けてある。

【0015】前記複合ワイヤWは、図3に示すごとく、チタンワイヤ5およびアルミニウムワイヤ6を綫り線にしたものを用いる。本実施形態においては、純度99.9%以上で直径0.3mmの前記チタンワイヤ5を中央に三本並べ、その両側に、純度99.8%以上で直径0.3mmのアルミニウムワイヤ6を夫々二本並べてこれを綫り線にした複合ワイヤWを用いることとする。これにより、前記双方のワイヤ5、6を供給する時点における両者の比率は、原子の数量比で表現すると、チタンが約4at. %、アルミニウムが約58at. %となる。この比率を有するチタン-アルミニウム金属間化合物は、TiAlであり、当該TiAlは、例えば、1000℃以上の高温域においても安定である。上記のごとく構成した前記複合ワイヤWは、前記装置Sの上部に設けたワイヤ供給口7を通じてレーザ照射部8に供給され、加熱・溶融される。

【0016】前記複合ワイヤWのワイヤ供給口7の周囲には、同心円状に二重のガス噴射口を設ける。このうち、内側のガス噴射口は、溶融した前記複合ワイヤWを霧状にするための噴霧ガス噴射口9であり、外側のガス噴射口は、酸素等の不純物が外部からレーザ照射部8に混入するのを防止するための遮蔽ガス噴射口10である。本発明に係る噴霧ガス11および遮蔽ガス12としては、安価な不活性ガスGである窒素ガスを用いる。前記レーザビーム2で加熱・溶融された前記複合ワイヤWは、前記噴霧ガス11によって霧状に飛散し、主に飛散中にチタンとアルミニウムとが燃焼合成して前記 TiAl が形成される。

【0017】本発明の方法により前記 TiAl の粉体を得るには、飛散している最中にチタンとアルミニウムとの燃焼合成が完全に終了することは勿論、飛散中に凝固が完了することが必要である。本実施形態では、前記噴霧ガス11の噴射方向下手側に粉体回収手段12として、例えばドライアイスを設置する。これにより、前記レーザ照射部8と前記ドライアイスとの間の空間に、前記ドライアイスが昇華して生じた低温の二酸化炭素が充満するから、前記 TiAl の粉体は飛散中に積極的に冷却され、凝固が促進される。さらに、飛散した前記 TiAl の粉体は前記ドライアイスにより捕捉されるが、前記ドライアイスはその後完全に昇華してしまうから、改めて前記 TiAl の粉体を分別回収する手間を要しない。尚、前記 TiAl の凝固を促進させるためには、この他にも種々の構成を採ることが可能である。例えば、前記 TiAl の粉体回収手段12を、前記噴霧ガス11の噴射位置から十分に距離を隔てて配置してもよい。一方、本発明の方法により前記 TiAl の溶射皮膜を得るには、前記噴霧ガス11の噴射方向下手側に対象基材13を配置する必要がある。しかも、チタンとアルミニウムとが燃焼合成した後、凝固する前に前記対象基材13に溶射する必要があるから、前記噴霧ガス11の噴射位置と前記対象基材13との間隔を適切に設定する必要がある。対象基材13としては、各種の鋼材を任意に選択することができ、本実施形態においてはSUS304鋼材を用いた。

【0018】（運転条件）前記 TiAl の粉体形成に係る前記金属間化合物形成装置Sの主な運転条件を以下に示す。前記レーザ照射は、レーザ出力を0.8kW～1.2kWの範囲で変化させて行った。前記噴霧ガス11および前記遮蔽ガス12の噴射は、夫々98kPa～296kPaの範囲で変化させて行った。前記複合ワイヤWの送給は、20mm/s～35mm/sの範囲で変化させて行った。

【0019】（燃焼合成）従来、前記 TiAl を形成するための一般的な方法としては、チタン粉末とアルミニウム粉末とを混合した後、燃焼合成して得るものが知られている。つまり、混合した粉末の一方をアルミニウムの融点直上である約973K程度まで加熱すると、溶融したアルミニウムがチタンの内部に拡散し始め、燃焼合成が生じる。その際には70kJ/molという大きな発熱を伴い、両者は激しく反応する。この発熱は、さらに隣接するアルミニウムを溶融させて連続的に前記燃焼合成を誘発させるのである。従来の方法においては、上記のごとく、チタンとアルミニウムとを連続的に反応させるためには、両者を確実に接触させる必要があり、そのためには両者を粉末に形成する必要があった。しかし、本発明においては、レーザ照射によって溶融を始めたアルミニウムが、前記噴霧ガス11によってチタンワイヤ5の周囲に流動されることとなり、しかも、燃焼合成を開始したチタンとアルミニウムとは前記噴霧ガス1

1によって順次飛散させられるから、レーザ照射部8には、未反応のアルミニウムとチタンとを常に存在させることができ、両者の燃焼合成を連続的に発生させることが可能となる。チタンとアルミニウムとの燃焼合成が生じるためには、上記のごとく、アルミニウムを溶融させてチタンの内部に拡散させる必要がある。本発明の方法においては、前記複合ワイヤWをレーザ照射部8に供給する際には、レーザビーム2がチタンよりも先にアルミニウムに対して照射されるように配置している。図4(イ)(ロ)(ハ)(ニ)(ホ)は、前記複合ワイヤWに対してレーザ照射した場合の、前記複合ワイヤWにおけるチタンとアルミニウムとの反応モデルを示す。レーザ照射を受けたアルミニウムワイヤ6は高温化し、それに伴ってレーザエネルギーの吸収率がさらに増すこととなり、前記アルミニウムワイヤ6はますます高温化される。そして融点に達したアルミニウムワイヤ6は溶融を開始し、図4(ロ)に示すごとくチタンワイヤ5を包み込むように流動する。この溶融したアルミニウムは、チタンと爆発的な燃焼合成反応を起こして前記TiAlを生成する。この時放出される反応熱は、レーザ照射による入熱に加えられ、図4(ハ)に示すごとく前記複合ワイヤWの溶融はさらに促進される。そして、完全に溶融したチタンとアルミニウムとは、図4(ニ)(ホ)に示すごとく燃焼合成を生じさせながら前記噴霧ガス11により噴霧化される。このように、本発明の方法においては、溶融したチタンおよびアルミニウムが噴霧化されるまでは、両者はレーザビーム2によって加熱される。よって、燃焼合成に伴って発生する燃焼熱のみを利用する従来方法と比較して、本発明の方法では、利用し得るエネルギーが多いといえる。このため、チタンとアルミニウムとの燃焼合成がより促進され、前記TiAlが極めて短時間のうちに形成されと考えられる。このような反応に必要な時間は、従来の方法の場合には燃焼熱の発生状況を測定することにより、また、本発明の場合には前記噴霧ガス11の噴射速度および前記レーザ照射部8と粉体回収手段12との距離に基づいて求めることができる。例えば、20 μ m程度の粒径を有するチタン粉体とアルミニウム粉体とを使用した場合、所定量の前記TiAlを生成する際の燃焼合成の開始から凝固完了までの時間は、従来の燃焼合成においては数秒オーダーの時間を必要としていたのに対し、本発明の場合には数十分の1秒で済む。

【0020】(生成したチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体の分析)図5には、レーザ出力および噴霧ガス11圧力を変化させて得た前記TiAlの粉体を、走査電子顕微鏡(SEM)を用いて観察した結果を示す。何れの条件においても表面の滑らかな球状の粉体が回収できる。前記粉体の粒径はレーザ出力にはそれほど影響されず、主に、噴霧ガス11圧力に影響されることがわかる。そして、前記粉体の粒径は前記噴霧ガス11圧力を

増加させるほど小さくなる傾向がみられる。例えば、レーザ出力1.2kWの場合には、前記噴霧ガス11圧力を98kPaとして得た粉体の粒径はおおよそ30 μ mであるのに対して、噴霧ガス11圧力を296kPaに増大させて得た粉体の粒径はおおよそ10 μ mに縮径した。尚、図示は省略するが、例えば、レーザ出力が0.8kWで、噴霧ガス11圧力が98kPaより低い場合などのように、入熱が不足していると思われる条件下において、あるいは、噴霧ガス11圧力が小さいと思われる条件下においては、未溶融チタンワイヤ5を含む粒径150 μ m以上の粉体が多数得られた。

【0021】また、得られた粉体をX線回折装置を用いて組成分析した結果を図6(イ)(ロ)(ハ)に示す。

レーザ出力が0.8kWの場合、得られた粉体はTiAlが主体であり、その他には、Ti₃Al、TiAl₃、あるいは未反応のチタン、さらには、チタンが噴霧ガス11である窒素と反応して生成したTiNも存在した。この傾向は噴霧ガス圧力を変化させても変わらなかった(同図(イ))。レーザ出力を1.0kWに上昇させ、かつ、噴霧ガス圧力を196kPa以上にすると、TiAl₃、未反応のチタンおよびTiNはみられず、粉体は前記TiAlが主体で少量のTi₃Alを含む組織になった(同図(ロ))。さらに、レーザ出力を1.2kWに上昇させても同じ組織が得られた(同図(ハ))。

【0022】また、図7には、回収粉体をX線マイクロアナライザ(EPMMA)を用いて行った点分析結果を示す。マトリックス部分の定量濃度はチタンが約46at.%、アルミニウムが54at.%であった。よって、当該生成粉体は、図1のチタン-アルミニウム二元系状態図からみて前記TiAlであることがわかる。一方、前記マトリックス中に析出あるいは晶出した組織は、チタンが約66at.%、アルミニウムが約34at.%であり、X線回折の結果、Ti₃Alであることがわかった。レーザ照射位置に送給する前記複合ワイヤWのアルミニウム組成は58at.%であり、チタンよりもアルミニウムが多い組成であるのにも拘わらず、このようなチタンリッチなTi₃Alが析出あるいは晶出するのは、レーザビーム2の入熱が小さい等の理由でチタンとアルミニウムとの反応が十分に進行することができず、前記チタンワイヤ5の中心部まで反応が終了しなかったためと考えられる。このことは、図8(イ)(ロ)に示すごとく、実際に、得られたチタン-アルミニウム金属間化合物を圧力50MPa、1473Kの温度で1時間焼結させたところ、前記Ti₃Alは殆ど消失し、前記TiAlを主体とする組織が得られることから推測することができる。また、上記焼結した金属間化合物の組織の中にはTi₂AlNが僅かに見られた。このTi₂AlNは、前記噴霧ガス11の窒素から混入し、前記TiAlおよび前記Ti₃Alに固溶していた窒素原子と不安定なTi₃Alとが反応して生成したものと考えられるが、このように金属間化合物の内部に固溶

した窒素原子は、金属間化合物の硬さ・強度を向上させる効果を有する。この点、前記噴霧ガス11に窒素ガスを用いることは、高強度を有するチタン-アルミニウム金属間化合物を生成するうえで有効である。

【0023】(生成したチタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜)一方、本発明の溶射皮膜形成方法によって、チタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜を形成する場合には、前記複合ワイヤWの供給速度が、健全な溶射皮膜を形成する上で重要となる。本実施形態においては、SUS304鋼の基材上に厚さ400 μ mの溶射皮膜を形成した。溶射は、レーザー出力を1.2kW、噴霧ガス圧力を296kPaとして行い、前記複合ワイヤWの送給速度は、20~35mm/sの範囲で変化させた。図示は省略するが、形成した溶射皮膜の断面は、溶射粒子が高速で基材に衝突して変形・付着を繰り返した溶射皮膜特有の組織となる。ワイヤ送給速度が20mm/sと遅い場合には多孔質な溶射皮膜が形成される。これは、前記レーザーのエネルギーによって溶融・燃焼合成し得るワイヤ送給量に比べて、前記複合ワイヤWの送給が少な過ぎるため、溶融した金属の噴霧が間欠的になるからである。ワイヤ送給速度を高めると溶射皮膜は緻密になり、ワイヤ送給速度が30mm/sの場合に最も良好な溶射皮膜が得られた。しかし、さらにワイヤ送給速度を35mm/sに高めると、チタンとアルミニウムとの燃焼合成が間に合わずに未溶融のチタンワイヤ5が残存し、その結果、再び空孔を有する溶射皮膜が形成された。

【0024】図9には、得られた溶射皮膜のX線回折結果を示す。粉体の場合と同様に、当該溶射皮膜も前記TiAlを主体とするものであることがわかる。

【0025】通常、チタンは、窒素と大きい発熱を伴いながら燃焼反応する金属であるが、本発明の方法により作製したチタン-アルミニウム金属間化合物は、上記のごとくTiAlが主体であった。つまり、前記噴霧ガス11として窒素ガスを用いた場合でも、チタンあるいはアルミニウムの窒化物は殆ど認められなかった。これは、図4に示したごとく、アルミニウムがチタンを包み込むように溶融し、チタンと窒素ガスとの反応を阻止したこと、および、チタンとアルミニウムとの反応温度が973Kであって、チタンと窒素との反応温度である1100Kよりも低いため、チタンとアルミニウムとの燃焼合成が優先的に生じたためと考えられる。

【0026】〔別実施形態〕

〈1〉 上記実施形態においては、噴霧ガス11として窒素ガスを用いたが、これに替えてアルゴンガス等のより不活性なガスを用いてもよい。この場合、アルゴン等が金属間化合物の内部に固溶することは殆ど無いから、所望の成分を有するチタン-アルミニウム金属間化合物を確実に得ることができる。

〈2〉 上記実施例においては、複合ワイヤWをレーザー照射部8に供給するものとしたが、前記複合ワイヤWの代わりにチタンおよびアルミニウムの粉末を連続的に供給するものであってもよい。ただし、この場合には、アルミニウム粉末が確実にチタン粉末と接触できるようにする必要がある。例えば、双方の粉末を予め混合しておいたり、あるいは、アルミニウム粉末がチタン粉末の周囲を取り囲む状態となるよう、バインダー等を用いて夫々の粉末をある程度成形しておくこと等が考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】チタン-アルミニウム二元系平衡状態図

【図2】チタン-アルミニウム金属間化合物形成装置の説明図

【図3】複合ワイヤの断面図

【図4】チタンとアルミニウムとの燃焼合成の過程を示す説明図

【図5】レーザー出力および噴霧ガス圧力と、得られたチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体の粒径との関係を示す説明図

【図6】チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体のX線回折結果

【図7】チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体のEPMAによる点分析結果

【図8】チタン-アルミニウム金属間化合物の粉体を焼結したもののX線回折結果

【図9】チタン-アルミニウム金属間化合物の溶射皮膜のX線回折結果

【符号の説明】

2 レーザビーム

5 チタンワイヤ

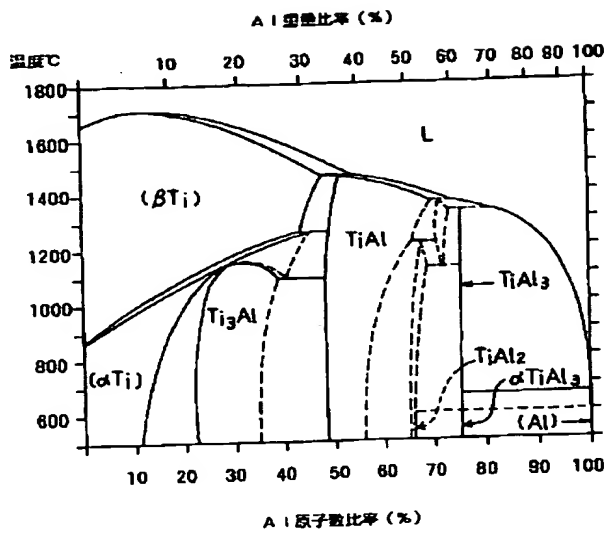
6 アルミニウムワイヤ

8 レーザ照射部

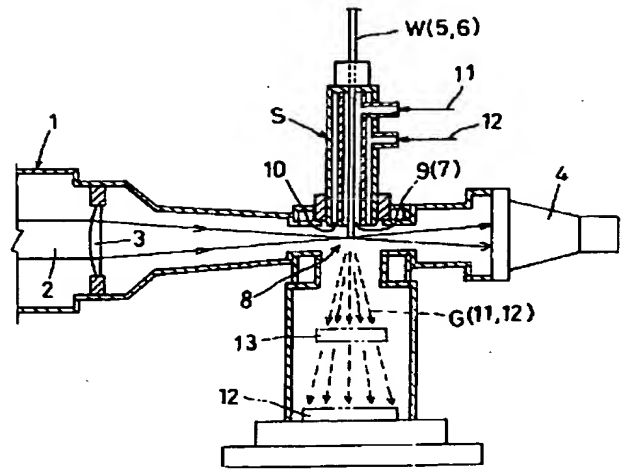
13 対象基材

G 不活性ガス

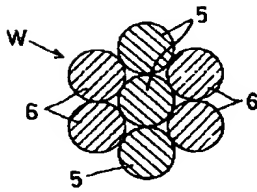
【図1】



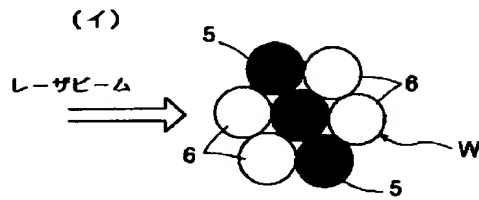
【図2】



【図3】



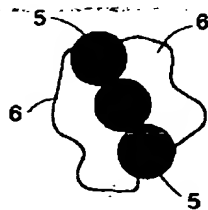
【図4】



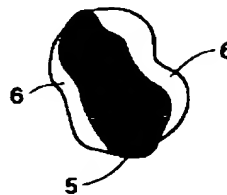
【図7】

	原子数比率(%)		
	Ti	Al	N
(a)	46	54	—
(b)	66	34	—

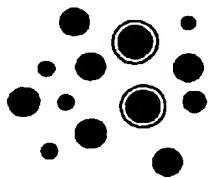
(イ)



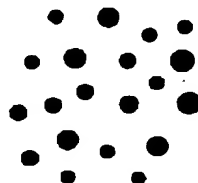
(ハ)



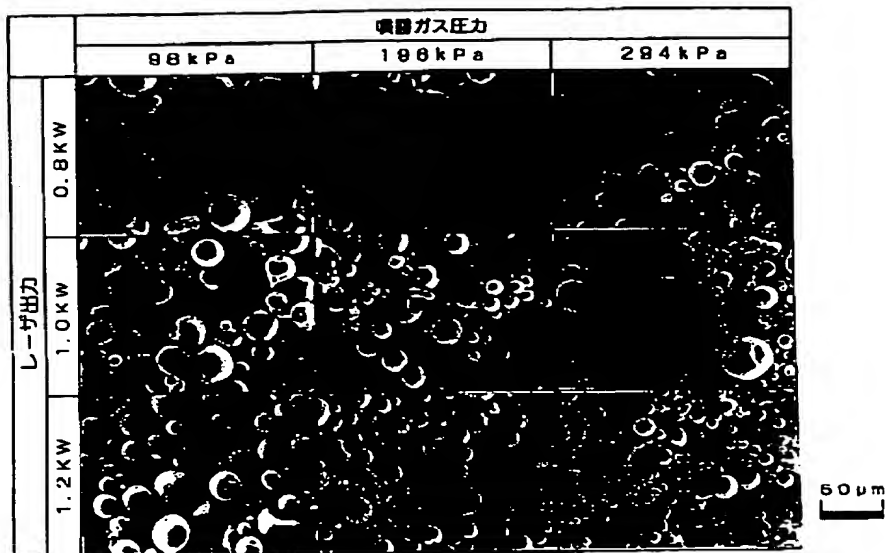
(ニ)



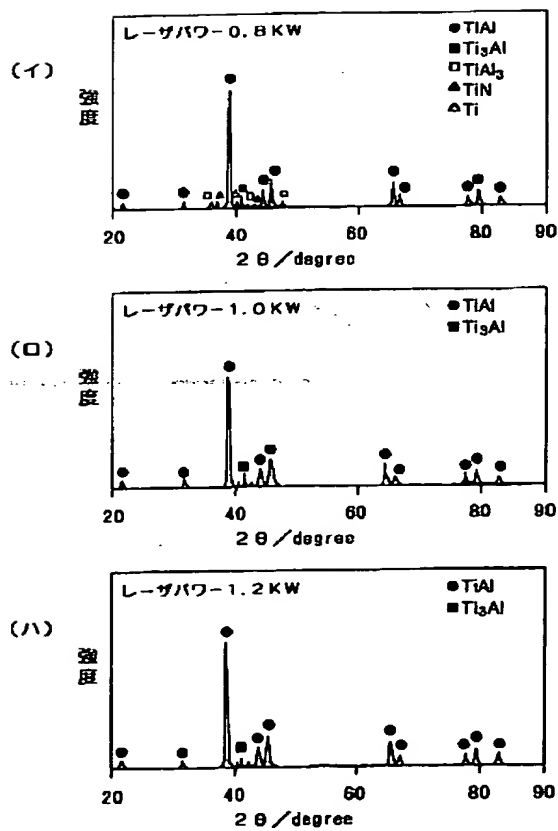
(ホ)



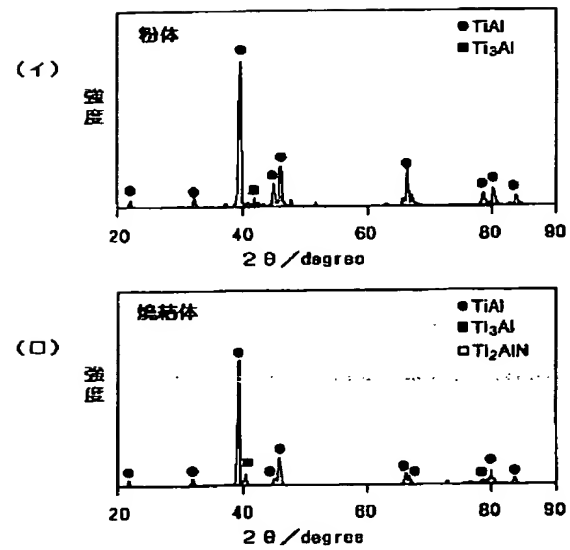
【図5】



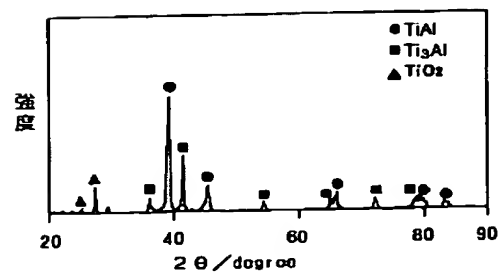
【図6】



【図8】



【図9】



【手続補正書】

【提出日】平成8年6月12日

【手続補正1】

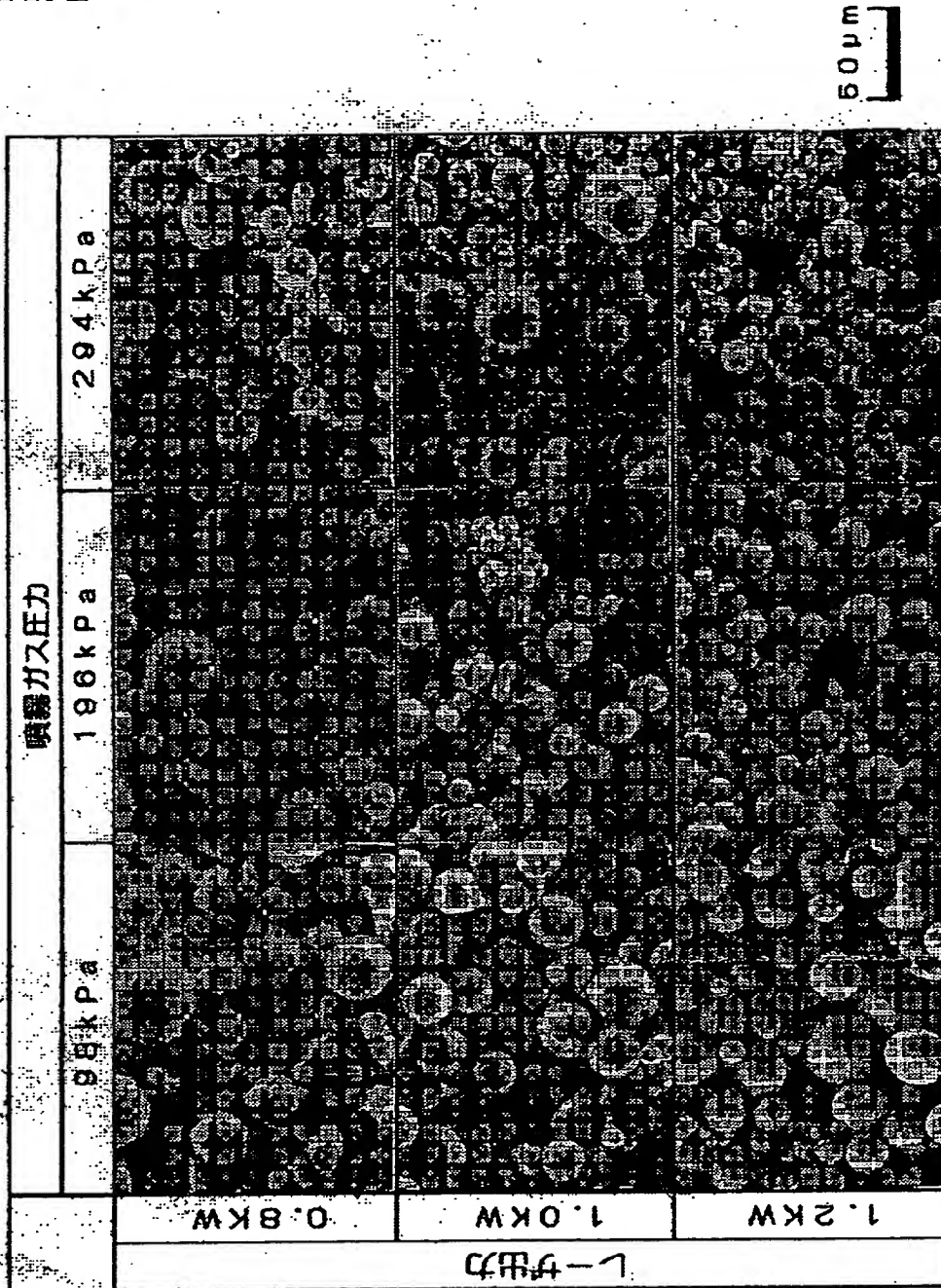
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



図面代用写真

【手続補正書】

【提出日】平成8年9月27日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】レーザー出力および噴霧ガス圧力と、得られたチタン-アルミニウム金属間化合物の粉体の粒径との関係を示す顕微鏡写真(SEM写真)